

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-164928

(43)Date of publication of application : 16.06.2000

(51)Int.Cl.

H01L 33/00  
H01L 21/28

(21)Application number : 10-334574

(71)Applicant : TOSHIBA ELECTRONIC  
ENGINEERING CORP  
TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 25.11.1998

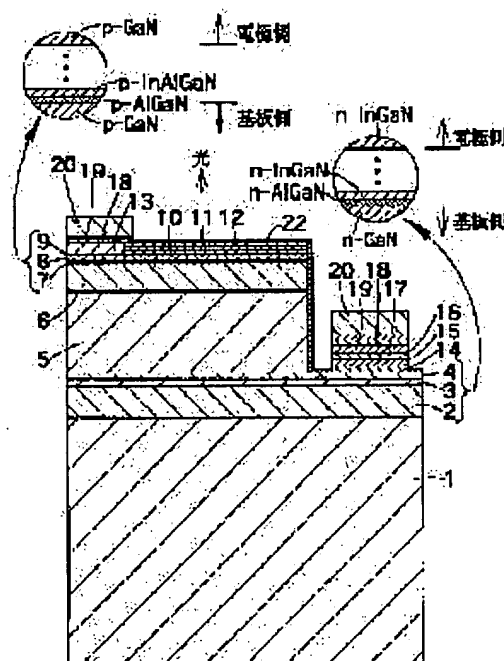
(72)Inventor : OKAZAKI HARUHIKO  
NOZAKI CHIHARU  
FURUKAWA CHISATO

## (54) SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DEVICE AND ITS MANUFACTURE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve ohmic characteristic by forming, in a p-side electrode, a contact layer which includes silver, in contact with a layer made of p-type nitride semiconductor and forming a layer made of tungsten on the contact layer.

SOLUTION: A p-side electrode is constituted of a light transmitting electrode and a bonding pad section. More specifically, a block layer 13 comprising at least SiO<sub>2</sub> is selectively formed on a p-type GaN contact layer 9 and then a light transmitting electrode stacked with a first metal layer 10, second metal layer 11, and tungsten layer 12 is formed on the rest of the surface. As the first metal layer 10, silver is preferably used. As the second metal layer 11, gold is preferably used. By using either silver or a mixture of silver and gold for contact metal to be brought into contact with the p-type contact layer 9, an ohmic contact with the p-type contact layer 9 can be improved.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]	07.06.2001
[Date of sending the examiner's decision of rejection]	17.06.2005
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]	
[Date of final disposal for application]	
[Patent number]	3739951
[Date of registration]	11.11.2005
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	2005-013701
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	19.07.2005
[Date of extinction of right]	

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The 1st layer which consists of a nitride system semi-conductor of p mold, and the 2nd layer which consists of a nitride system semi-conductor of n mold, It has p lateral electrode contacted and prepared in said 1st layer, and n lateral electrode contacted and prepared in said 2nd layer. Said p lateral electrode The semi-conductor light emitting device characterized by having the contact layer which is contacted and prepared in said 1st layer and contains silver (Ag), and the layer which consists of a tungsten (W) prepared on said contact layer.

[Claim 2] The semi-conductor light emitting device according to claim 1 characterized by preparing the translucency electric conduction film which consists of a metallic oxide on the layer which consists of said tungsten (W).

[Claim 3] It is the semi-conductor light emitting device according to claim 1 or 2 which is further equipped with the overcoat layer prepared on said translucency electric conduction film, and is characterized by said overcoat layer having the layer which consists of nickel (nickel) contacted and prepared in said translucency electric conduction film.

[Claim 4] The 1st layer which consists of a nitride system semi-conductor of p mold, and the 2nd layer which consists of a nitride system semi-conductor of n mold, It has p lateral electrode contacted and prepared in said 1st layer, and n lateral electrode contacted and prepared in said 2nd layer. Said n lateral electrode The contact layer which it is contacted and prepared in said 1st layer, and a hafnium (Hf), aluminum (aluminum), and titanium (Ti) are not, but consists of \*\*, The semi-conductor light emitting device characterized by having the barrier layer which consists of a tungsten (W) prepared on said contact layer, and the bonding pad layer which consists of gold (Au) prepared on said barrier layer.

[Claim 5] It is the semi-conductor light emitting device of any one publication of claim 1-4 characterized by for said 1st layer containing the dopant of p mold, for thickness consisting of two or more layers 100nm or less, and each of two or more of said layers consisting of a nitride system semi-conductor with which the adjoining layer differs from a presentation.

[Claim 6] It is the semi-conductor light emitting device of any one publication of claim 1-5 characterized by for said 2nd layer containing the dopant of n mold, for thickness consisting of two or more layers 100nm or less, and each of two or more of said layers consisting of a nitride system semi-conductor with which the adjoining layer differs from a presentation.

[Claim 7] It is the semi-conductor light emitting device of any one publication of claim 1-6 characterized by preparing irregularity in the front face of said 1st layer and said 2nd layer on which either at least contacts said electrode.

[Claim 8] The semi-conductor light emitting device characterized by having the layer which turns into a luminous layer which consists of a semi-conductor from a metallic oxide, contacts and prepares in the translucency electric conduction film which has translucency to the light emitted from said luminous layer, and said translucency electric conduction film, and consists of \*\*\*\* nickel (nickel).

[Claim 9] The manufacture approach of the semi-conductor light emitting device characterized by to have the process which forms the layered product which has p type layer which consists of a nitride

system semi-conductor of n type layer and p mold which consists of a nitride system semi-conductor of n mold, the process which forms the p side contact electrode layer in the front face of said p type layer of said layered product, and the process heat-treated in the ambient atmosphere containing reducibility gas.

[Claim 10] The process which forms the layered product which has p type layer which consists of a nitride system semi-conductor of n type layer and p mold which consists of a nitride system semi-conductor of n mold, The process which forms the n side contact electrode layer in the front face of said n type layer of said layered product, The process heat-treated in the 1st temperature, and the process which forms the p side contact electrode layer in the front face of said p type layer of said layered product, The manufacture approach of the semi-conductor light emitting device characterized by having the process heat-treated in the 2nd temperature lower than said 1st temperature in the ambient atmosphere containing reducibility gas.

[Claim 11] Said n side contact electrode layer is the manufacture approach of the semi-conductor light emitting device according to claim 10 characterized by for a hafnium (Hf), aluminum (aluminum), and titanium (Ti) not being, but consisting of \*\*.

[Claim 12] Said p side contact electrode layer is the manufacture approach of the semi-conductor light emitting device any one publication of claim 9-11 characterized by consisting of either a metal containing silver (Ag), or nickel (nickel).

[Claim 13] The manufacture approach of the semi-conductor light emitting device any one publication of claim 9-12 characterized by having further the process which forms the translucency electric conduction film which consists of a metallic oxide on said p side contact electrode layer, and the process which heat-treats said translucency electric conduction film in the ambient atmosphere containing oxygen.

[Claim 14] The manufacture approach of the semi-conductor light emitting device characterized by having the process which forms the semi-conductor layered product containing a luminous layer, the process which forms the translucency electric conduction film which consists of a metallic oxide on said semi-conductor layered product, and the process which heat-treats said translucency electric conduction film in the ambient atmosphere containing oxygen.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to a semi-conductor light emitting device and its manufacture approach. In more detail, this invention is the light emitting device by which the laminating of the nitride system semi-conductor layers, such as GaN, InGaN, and GaAlN, etc. was carried out on the substrate, and contact resistance is related with the semi-conductor light emitting device which has a low electrode also with good dependability, and its manufacture approach.

[0002]

[Description of the Prior Art] By using the nitride system semi-conductor represented by gallium nitride, the light emitting device of a blue and green wavelength range is being put in practical use from ultraviolet radiation.

[0003] In addition, in this application, the mixed crystal which contains Lnn (P), arsenic (As), etc. as a V group element in addition to N shall also be further included with a "nitride system semi-conductor" including the group III-V semiconductor of  $B_xIn_yAl_zGa(1-x-y-z)N$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ,  $0 \leq z \leq 1$ ).

[0004] By forming light emitting devices, such as light emitting diode (LED) and semiconductor laser, using a nitride system semi-conductor, luminescence of ultraviolet radiation with the high luminescence reinforcement which was difficult until now, blue glow, green light, etc. is being attained. Moreover, a nitride system semi-conductor has high crystal growth temperature, and since it is the ingredient stabilized also under high temperature, application of electronic DEBAISUHE is also expected.

[0005] Hereafter, as an example of the semiconductor device using a nitride system semi-conductor, a light emitting device is mentioned as an example and explained.

[0006] Drawing 8 is an outline sectional view showing the structure of the conventional light emitting diode where the nitride system semi-conductor was used. On silicon on sapphire 101, crystal growth of a GaN buffer layer (not shown), the n mold GaN layer 102, and the p mold GaN layer 106 is carried out, etching removal of a part of p mold GaN layer 106 is carried out, and the n mold GaN layer 102 is exposed. On the p mold GaN layer 6, the insulator layer 113 for current inhibition and the p side bonding electrode 123 (Ti/Au) connected with the p side transparent electrode 121 on it are formed in the bottom of the p side transparent electrode (Au) 121 and the p side bonding electrode, and the n lateral electrode 122 (aluminum/Au) is further formed on an n mold GaN layer.

[0007] In the light emitting diode of drawing 8, the current passed from p lateral electrode can be extended to field inboard with the conductive good transparent electrode 121, from the p mold GaN layer 106, a current is injected into the n mold GaN layer 102, and light is emitted, and the light penetrates a transparent electrode 121 and is taken out out of a chip.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, the conventional nitride system semi-conductor which was illustrated to drawing 8 had the problem that it was difficult to secure an electrode and ohmic contact. That is, since a nitride system semi-conductor has the large band gap, it is difficult for it to consider ohmic contact as an electrode. Furthermore, formation of the layer which has high carrier

concentration is difficult for p mold and n mold, and the nitride system semi-conductor had the problem that formation of ohmic contact was difficult, also from this point.

[0009] Moreover, since chemical wet etching was difficult for a nitride system semi-conductor, the problem on the process that it is difficult and an ohmic property is greatly influenced by the surface state of an electrode and a semi-conductor layer interface had also performed surface treatment before electrode formation.

[0010] This invention was made in view of such a situation, a good ohmic property is acquired and the purpose is in offering the semi-conductor light emitting device by which dependability has also been improved, and its manufacture approach.

[0011]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, the semi-conductor light emitting device of this invention The 1st layer which consists of a nitride system semi-conductor of p mold, and the 2nd layer which consists of a nitride system semi-conductor of n mold, It has p lateral electrode contacted and prepared in said 1st layer, and n lateral electrode contacted and prepared in said 2nd layer. Said p lateral electrode It can be contacted and prepared in said 1st layer, and can be characterized by having a contact layer containing silver (Ag), and the layer which consists of a tungsten (W) prepared on said contact layer, and the ohmic contact excellent in the p side can be secured.

[0012] Here, by preparing the translucency electric conduction film which consists of a metallic oxide on the layer which consists of said tungsten (W), a current can be extended in a field and uniform luminescence can be obtained.

[0013] Furthermore, said overcoat layer can improve the bond strength of the translucency electric conduction film and an overcoat layer by having the layer which consists of nickel (nickel) contacted and prepared in said translucency electric conduction film by having further the overcoat layer prepared on said translucency electric conduction film.

[0014] Or the 1st layer which the semi-conductor light emitting device of this invention becomes from the nitride system semi-conductor of p mold, It has the 2nd layer which consists of a nitride system semi-conductor of n mold, p lateral electrode contacted and prepared in said 1st layer, and n lateral electrode contacted and prepared in said 2nd layer. Said n lateral electrode The contact layer which it is contacted and prepared in said 1st layer, and a hafnium (Hf), aluminum (aluminum), and titanium (Ti) are not, but consists of \*\*, The barrier layer which consists of a tungsten (W) prepared on said contact layer, While being characterized by having the bonding pad layer which consists of gold (Au) prepared on said barrier layer and securing good ohmic contact to the n side, a barrier layer can act effectively and dependability can also be secured.

[0015] As a mode of desirable operation of this invention, said 1st layer contains the dopant of p mold, thickness consists of two or more layers 100nm or less, and said two or more layers can be characterized by the adjoining layer consisting of a nitride system semi-conductor of a mutually different presentation, and can improve ohmic contact further.

[0016] Said 2nd layer contains the dopant of n mold, thickness consists of two or more layers 100nm or less here, and, as for said two or more layers, it is desirable for the adjoining layer to consist of a nitride system semi-conductor of a mutually different presentation.

[0017] Moreover, either can expand the thing by which irregularity was prepared in the front face in contact with said electrode of said 1st layer and said 2nd layer, then a touch area with an electrode, can reduce contact resistance, and can improve the bond strength of an electrode. [ at least ]

[0018] Or the translucency electric conduction film which has translucency to the light which the semi-conductor light emitting device of this invention serves as a luminous layer which consists of a semi-conductor from a metallic oxide, and is emitted from said luminous layer, The layer which contacts and prepares in said translucency electric conduction film, and consists of \*\*\*\* nickel (nickel), It can be characterized by preparation \*\*\*\*\* and the bond strength of the translucency electric conduction film and a metal layer can be improved in the semi-conductor light emitting device which has the translucency electric conduction film, using various ingredient systems, such as not only a nitride system semi-conductor but an InGaAlP system, and an InP system.

[0019] On the other hand, the manufacture approach of the semi-conductor light emitting device of this invention The process which forms the layered product which has p type layer which consists of a nitride system semi-conductor of n type layer and p mold which consists of a nitride system semi-conductor of n mold, It can be characterized by having the process which forms the p side contact electrode layer in the front face of said p type layer of said layered product, and the process heat-treated in the ambient atmosphere containing reducibility gas, and good ohmic contact can be acquired to the p side.

[0020] Or the manufacture approach of the semi-conductor light emitting device of this invention The process which forms the layered product which has p type layer which consists of a nitride system semi-conductor of n type layer and p mold which consists of a nitride system semi-conductor of n mold, The process which forms the n side contact electrode layer in the front face of said n type layer of said layered product, The process heat-treated in the 1st temperature, and the process which forms the p side contact electrode layer in the front face of said p type layer of said layered product, It can be characterized by having the process heat-treated in the 2nd temperature lower than said 1st temperature in the ambient atmosphere containing reducibility gas, and good ohmic contact can be acquired.

[0021] Here, the thing which a hafnium (Hf), aluminum (aluminum), and titanium (Ti) are not in said n side contact electrode layer, but consists of \*\*, then good n side OMIKKU are obtained as a mode of desirable operation of this invention.

[0022] Moreover, the thing which said p side contact electrode layer becomes from either the metal containing silver (Ag) or nickel (nickel), then good p side OMIKKU are obtained.

[0023] Moreover, it is characterized by having further the process which forms the translucency electric conduction film which consists of a metallic oxide on said p side contact electrode layer, and the process which heat-treats said translucency electric conduction film in the ambient atmosphere containing oxygen, and the sheet resistance of the translucency electric conduction film can be reduced, and bond strength can also be made high.

[0024] Or the manufacture approach of the semi-conductor light emitting device of this invention The process which forms the semi-conductor layered product containing a luminous layer, and the process which forms the translucency electric conduction film which consists of a metallic oxide on said semi-conductor layered product, The process which heat-treats said translucency electric conduction film in the ambient atmosphere containing oxygen, It is characterized by preparation \*\*\*\*\*, and using various semi-conductors, such as not only a nitride system semi-conductor but an InGaAlP system, and an InP system, in the semi-conductor light emitting device which has the translucency electric conduction film, the sheet resistance of the translucency electric conduction film can be reduced, and bond strength can be made high.

[0025]

[Embodiment of the Invention] The gestalt of operation of this invention is explained referring to a drawing below. Drawing 1 is an outline sectional view showing the semi-conductor light emitting device concerning the gestalt of operation of the 1st of this invention. The semi-conductor light emitting device of this invention has the structure where the laminating of a GaN buffer layer (not shown), the n mold GaN layer 2, the n mold AlGaIn contact layer 3, the n mold GaN contact layer 4, the n mold GaN layer 5, the p mold GaN layer 6, the p mold AlGaIn contact layer 7, the p mold InGaIn contact layer 8, and the p mold GaN contact layer 9\*\* was carried out one by one on silicon on sapphire 1.

[0026] p lateral electrode consists of a translucency electrode and the bonding pad section. That is, on the p mold GaN contact layer 9, the block layer 13 which consists of SiO<sub>2</sub> etc. is formed alternatively, and the translucency electrode which carried out the laminating of the 1st metal layer 10/the 2nd 11/tungsten (W) layer 12 of metal layers is formed on the remaining front face.

[0027] The block layer 13 has the role which intercepts a current so that excessive luminescence may not arise under a bonding pad. Moreover, each thickness of each class of a translucency electrode is very thin, and the light emitted from a light emitting device is made to be penetrated, without seldom being absorbed.

[0028] As 1st metal layer 10, it is desirable to use silver (Ag). Moreover, as 2nd metal layer 11, it is

desirable to use gold (Au). Or the 2nd metal layer may be omitted, using the mixture of silver and gold as 1st metal layer 10. Or when giving hydrogen annealing peculiar to this invention so that it may explain in full detail behind, the 2nd metal layer may be omitted, using nickel (nickel) as 1st metal layer 10.

[0029] On the block layer 13, where a part is connected to a translucency electrode layer, the bonding pad which deposited the titanium (Ti) layer 18, the tungsten (W) layer 19, and the golden (Au) layer 20 on this order is formed. Here, in a glue line and the tungsten (W) layer 19, a barrier layer and the golden (Au) layer 20 act [ the titanium (Ti) layer 18 ] as a bonding layer.

[0030] On the other hand, n lateral electrode is formed on n mold contact layer 4. That is, hafnium (Hf) layer 14 / (Aluminum aluminum) layer 15 / 16/golden (Au) layer 17 of hafnium (Hf) layers deposits on this sequence, and the bonding pad section which deposited the titanium (Ti) layer 18, the tungsten (W) layer 19, and the golden (Au) layer 20 on this order is further formed on it.

[0031] Here, the middle golden (Au) layer 17 acts as a cap layer which protects the hafnium (Hf) layer 16. In order to prevent a superfluous invasion of the gold (Au) to the inside of a semi-conductor, as for the thickness of the golden (Au) layer 17, forming comparatively thinly is desirable, or it can also omit it.

[0032] Moreover, the titanium layer 18 acts as a glue line. The tungsten layer 19 acts as a barrier layer. Furthermore, a gold layer 20 acts as a layer which carries out bonding of the wire etc.

[0033] The structure of illustrated n lateral electrode layer is only an example. In this invention, it characterizes by preparing the barrier layer to which the metal layer in contact with n mold contact layer 4 is either a hafnium (Hf), titanium (Ti) or aluminum (aluminum), and consists of a tungsten (W) on it, and preparing further the bonding pad layer which consists of gold (Au) on it.

[0034] The front face of a light emitting device is covered with the protective coat 22 which consists of SiO<sub>2</sub>.

[0035] The light emitting device of this invention does so the operation explained below by the configuration explained above.

[0036] That is, ohmic contact in p mold contact layer 9 is sharply improvable according to this invention by using either of the mixture of silver or silver, and gold first as a contact metal in contact with p mold contact layer 9. this invention person came to do learning of the ability to reduce especially contact resistance, when contacting these metals in a semi-conductor layer, as a result of performing original examination. This is considered to be because it to become easy to react with p mold contact layer 9 by adding silver.

[0037] Moreover, ohmic contact is improvable, maintaining the barrier effectiveness by forming the tungsten layer 19 as a barrier layer on the n side contact metal layer at the n side of a component according to this invention. That is, a barrier layer prevents the counter diffusion of the n side contact metal and a bonding pad, and has the operation which maintains dependability. Conventionally, as a barrier layer of n lateral electrode, platinum (Pt) was used in many cases. However, if platinum invades into a nitride system semi-conductor, it will act as a dopant of p mold. Therefore, in the case of temperature up processes, such as heat treatment, and solder mount or wire bonding after bonding pad formation, platinum was spread in n mold contact layer, and ohmic contact was degraded.

[0038] On the other hand, this invention person discovered that prolonged dependability was secured, without degrading ohmic contact by using a tungsten layer as a barrier layer of n lateral electrode. Moreover, when either the hafnium (Hf) mentioned above as a contact metal when a tungsten layer was used as a barrier layer in this way, titanium (Ti) or aluminum (aluminum) was used, it turned out that a good result is obtained especially.

[0039] Furthermore, according to this invention, ohmic contact is further improvable by forming these new configurations in a different new process from the former. Next, the manufacture approach of the light emitting device of this invention is explained. Drawing 2 is a flow chart showing the important section of the manufacture approach of the light emitting device of this invention. First, as shown in step S1, crystal growth of the semi-conductor layers 2-9 is carried out one by one on silicon on sapphire 1. Crystal growth of each class can be performed by approaches, such as MOCVD (metal-organic chemical



vapor deposition) and Hydrides CVD and MBE (molecular beam deposition).

[0040] Next, as shown in step S2, p type layer is etched. That is, the layers 6-9 which consist of a p type semiconductor are etched alternatively, and the n mold GaN layer 4 is exposed. concrete -- for example, PEP (photo-engraving process) -- patterning is carried out by law and it carries out by etching by the etching methods, such as RIE (reactive ion etching).

[0041] Next, as shown in step S3, the contact section of the n lateral electrodes is formed. The 16/gold layer 17 of 15/hafnium layers of 14/aluminum layers of hafnium layers etc. is deposited on the GaN contact layer 4 by the vacuum deposition method, the sputtering method, etc., and, specifically, patterning is carried out by the lift-off method.

[0042] Next, as shown in step S4, the sinter of the contact section of n lateral electrode is performed. Specifically, heat treatment of a 20-second about room is performed above 800 degrees C into nitrogen-gas-atmosphere mind.

[0043] Next, as shown in steps S5 or S8, the translucency electrode layer of the p lateral electrodes is formed. Specifically, the sequential deposition of the 1st metal layer 10/the 2nd 11/tungsten (W) layer 12 of metal layers is carried out on p mold contact layer 9 by the vacuum deposition method, the sputtering method, etc. Here, the 1st metal layer 10 is either the mixture of silver, silver, and gold, or nickel, as mentioned above. As for the thickness, in the case of silver, it is desirable to be referred to as about 0.5-10nm. Moreover, when considering as the mixture of silver and gold, a silver ratio is made into 1 - 20 atom % extent, and, as for the thickness of the mixture layer, it is desirable to be referred to as about 0.5-10nm. Moreover, as for the thickness, in the case of nickel, it is desirable to be referred to as 0.5-5nm.

[0044] Next processes differ a little according to the ingredient of p lateral electrode. That is, as shown in step S5, when nickel is used as a contact metal, in step S6, annealing is given in the ambient atmosphere containing reducibility gas. Hydrogen gas can be used as reducibility gas. Moreover, the ambient atmosphere can be made into the mixed gas of hydrogen and nitrogen, and it is desirable that it is the range whose volume fraction of hydrogen is 0.1% - about 5%. Moreover, as for annealing temperature, it is desirable to consider as 500 degrees C or less.

[0045] Next, as shown in step S7, the bonding pad section is formed. Specifically, the titanium (Ti) layer 18, the tungsten (W) layer 19, and the golden (Au) layer 20 are deposited on this order by vacuum evaporation technique, the sputtering method, etc.

[0046] On the other hand, as a contact metal, as shown in step S8, when the mixture of silver or silver, and gold is used, in step S9, a sinter is once carried out. Specifically, it heat-treats in nitrogen-gas-atmosphere mind at 600-degree-C or more temperature of 800 degrees C or less. Heat treatment can be set as for about 20 seconds at 750 degrees C.

[0047] Next, as shown in step S10, annealing is given in the ambient atmosphere containing the hydrogen as reducibility gas. This ambient atmosphere and annealing temperature are as having mentioned above about step S6.

[0048] Next, as shown in step S11, the bonding pad section is formed. Specifically, the titanium (Ti) layer 18, the tungsten (W) layer 19, and the golden (Au) layer 20 are deposited on this order by vacuum evaporation technique, the sputtering method, etc.

[0049] According to the above process, the semi-conductor light emitting device of this invention is completed.

[0050] In the manufacture approach of this invention, good ohmic contact can be first acquired by forming and carrying out the sinter of the n lateral electrode in advance of formation of p lateral electrode. This reason is that the optimal sinter temperature over the contact metal of n lateral electrode used in this invention is higher than the optimal heat treatment temperature to p lateral electrode. That is, each heat treatment temperature [ in / to the sinter temperature of n lateral electrode in step S4 being 800 degrees C or more / step S6, S9, and S10 ] is 800 degrees C or less. Therefore, carrying out the load of the superfluous heat treatment to p lateral electrode is lost by performing formation and the sinter of n lateral electrode previously, as shown in drawing 2 .

[0051] Moreover, according to the manufacture approach of this invention, after depositing p lateral

electrode, the ohmic contact by the side of p and bond strength are further improvable by giving annealing in the ambient atmosphere of reducibility in steps S6 and S10. This is the experiment fact in which is contrary with the fact conventionally reported about the nitride system semi-conductor, and this invention person did learning uniquely. That is, when the nitride system semi-conductor of p mold was conventionally heat-treated in the hydrogen ambient atmosphere, the fact that p mold dopants, such as magnesium (Mg) contained in a semi-conductor, inactivated according to an operation of hydrogen was reported. If such inactivation arises, in order for the acceptor concentration of a p type semiconductor to fall, ohmic contact must have deteriorated.

[0052] On the other hand, on the nitride system semi-conductor of p mold, first, when this invention person heat-treated in the ambient atmosphere which deposits p lateral electrode layer and contains hydrogen in after an appropriate time, he discovered that ohmic contact and bond strength were improved sharply. Qualitatively, this is conjectured to be because for reduction removal of the oxide which intervenes between a semi-conductor layer and an electrode layer to be carried out controlling inactivation of p mold dopant in a p type semiconductor layer by covering a p type semiconductor layer top in an electrode layer.

[0053] Drawing 3 is a graphical representation showing the current potential property by the side of p lateral electrode of the light emitting device which this invention person made as an experiment. Here, p lateral electrode was made into width of face of 100 micrometers, and spacing of 20 micrometers. In drawing 3, what was expressed as "this invention A" is the component which gave annealing for [ 500 degrees-C ] 10 minutes in the nitrogen-gas-atmosphere mind containing hydrogen, using silver (Ag) as a contact metal by the side of p. Moreover, annealing in the inside of the ambient atmosphere in which what was expressed as "this invention B" contains hydrogen, using silver as a contact metal by the side of p is a component which is not given. Moreover, annealing in the inside of the ambient atmosphere in which what was expressed as the "conventional example" contains hydrogen, using gold (Au) as a contact metal by the side of p is a component which is not given.

[0054] From drawing 3, by using silver as a contact metal by the side of p, contact resistance falls conventionally and by giving annealing in the ambient atmosphere containing hydrogen shows reducing contact resistance further. As a contact metal, the same improvement was obtained, also when the mixture and nickel of silver and gold were used.

[0055] On the other hand, drawing 4 is a graphical representation showing the current potential property by the side of n lateral electrode of the light emitting device which this invention person made as an experiment. Here, n lateral electrode was made into spacing of 350 micrometers. In drawing 4, it is the component which was expressed as "this invention" using [ using a hafnium (Hf) as an n lateral electrode layer ] the tungsten (W) as a barrier layer. Moreover, it is the component which was expressed as the "conventional example" using [ using aluminum (aluminum) as a contact metal by the side of p ] platinum (Pt) as a barrier layer.

[0056] According to this invention, drawing 4 shows that contact resistance decreases sharply conventionally. The same effectiveness was acquired also when aluminum (aluminum) or titanium (Ti) was used for a contact layer.

[0057] In drawing 1, the configuration of the layer near the contact by the side of p or n is good also as the structure which carried out the laminating of an InAlGaN layer and the AlGaN layer by turns, and structure which carried out the laminating of an InGaN layer and the AlGaN layer by turns, as expressed with the important section enlarged drawing.

[0058] Since InGaN and AlGaN produce distortion of an opposite direction to GaN, respectively, if they consider as such a laminated structure, they will become possible [ compensating distortion ].

[0059] Moreover, in a nitride system semi-conductor layer with a thickness of 100nm or less, if formation of a high carrier concentration layer is easy and two or more layers are formed, it will be easy to concentrate the high-concentration silicon (Si) which is the high-concentration magnesium (Mg) or high-concentration n mold impurity which is p mold impurity near [ those ] an interface (between the layers and GaN layers containing especially In and aluminum). If predetermined heat treatment is performed after depositing p lateral electrode and n lateral electrode, an electrode metal and two or more

nitride system semi-conductor layers can react, and magnesium (p side), the high-concentration silicon (n side), and the high-concentration electrode metal which are near the interface of those layers further can also form the electrode contact with good lifting and ohmic property for a good reaction.

[0060] In this case, if there is irregularity which penetrates two or more nitride system semi-conductor layers so that it may mention later about the following 2nd operation gestalt, the reaction of an electrode metal and a semi-conductor layer can be advanced further efficiently.

[0061] Next, the gestalt of operation of the 2nd of this invention is explained.

[0062] Drawing 5 is a conceptual diagram showing the cross-section structure of the light emitting device concerning the gestalt of operation of the 2nd of this invention. About the configuration same about this drawing as drawing 1, the same sign is attached and detailed explanation is omitted. In this operation gestalt, in the electrode contact part by the side of p and n, etching removal is carried out partially and the surface part of a semi-conductor is processed into concave convex. And the electrode layer by the side of p and n is formed in the front face of a this concave convex semi-conductor. Thus, if the front face of the semi-conductor of a contact part is processed into concave convex, a touch area with an electrode increases and contact resistance can be reduced further. Moreover, the peel strength of an electrode also increases. Furthermore, the ejection effectiveness to the exterior of the light emitted from a part for a light-emitting part is improved with the irregularity formed in the p side. Namely, a nitride system semi-conductor has a refractive index very as high as about 2.67. Therefore, total reflection of the light which arrived at the front face of p mold contact layer among the light emitted from the luminous layer will be carried out at a perpendicularly near include angle except an incidence thing. On the other hand, according to this operation gestalt, the component which are scattered about several times and finally takes out light outside can be increased by forming irregularity in the surface part of p mold contact layer.

[0063] Next, the gestalt of operation of the 3rd of this invention is explained. Drawing 6 is a conceptual diagram showing the cross-section configuration of the light emitting device concerning the gestalt of operation of the 3rd of this invention. The same sign is given to the same part as what was mentioned above about drawing 1 also about this drawing, and detailed explanation is omitted.

[0064] The light emitting device of this operation gestalt has the configuration which takes out light outside through a substrate 1.

[0065] Moreover, in this operation gestalt, since p lateral electrode and N lateral electrode form even the golden (Au) layer for bondings at once, it has composition without the titanium (Ti) layer 18 which is a glue line of an overcoat electrode layer.

[0066] Moreover, since it is not the configuration which takes out light through the electrode by the side of p, there is no need that p lateral electrode not necessarily has translucency, and it can form thickness thickly.

[0067] Next, the gestalt of operation of the 4th of this invention is explained.

[0068] Drawing 7 is a conceptual diagram showing the cross-section configuration of the light emitting device concerning the gestalt of operation of the 4th of this invention. The same sign is given to the same part as what was mentioned above about drawing 1 also about this drawing, and detailed explanation is omitted. This operation gestalt is the example which carried out the laminating of the translucency electrode 23 which consists of ITO (indium stannic acid ghost) to the front face of p lateral electrode. It is formed of (Nickel nickel) layer 18' and the golden (Au) layer 20, the overcoat electrode, i.e., the bonding electrode, by the side of p.

[0069] According to this operation gestalt, luminescence which has uniform intensity distribution in a field can be obtained by carrying out the laminating of the ITO by extending the current supplied to the bonding electrode to field inboard within the layer of the transparent electrode 23 which consists of ITO, and pouring in through p lateral electrode.

[0070] Its p lateral electrode metal is not stratified, this effectiveness is effective especially when formed in island shape, and it can pass the current from a bonding electrode efficiently to field inboard.

[0071] Moreover, the problem of nickel layer 18' having good bond strength to the transparent electrode 23 which consists of ITO, and separating, the overcoat layer, i.e., the bonding electrode, on the ITO

transparent electrode 23, is solvable.

[0072] In this operation gestalt, in order that a transparent electrode 23 may act as barrier to gold (Au), a tungsten (W) layer is not required, and as expressed to this drawing, it is not necessarily good only in (Nickel nickel) layer 18' and the golden (Au) layer 20. Or it is also good to accept it golden (Au) 20. However, if a barrier layer is prepared according to the thickness and membranous quality of a transparent electrode 23, golden (Au) diffusion can be prevented and dependability can be improved further. According to examination of this invention person, especially as a barrier layer in this case, it turned out that a tungsten (W) or platinum (Pt) is suitable. That is, if a tungsten (W) layer or a platinum (Pt) layer is prepared between nickel layer 18' and a gold layer 20, golden diffusion can be prevented effectively and the dependability of a light emitting device can be raised further. Moreover, even if it used either molybdenum (Mo), titanium (Ti) and a tantalum (Ta) as a barrier layer besides these, it turned out that a good result is obtained.

[0073] this invention person found out the process from which a very good result is obtained, as a result of repeating prototype examination about the formation process of the ITO transparent electrode 23 in this operation gestalt. That is, in order to form the light emitting device of this operation gestalt, after forming the p side contact electrodes 10-12 and giving hydrogen annealing, it is obtained by forming a transparent electrode 23.

[0074] If it explains referring to drawing 2 mentioned above, ITO will be first deposited by a spatter etc. after the hydrogen annealing treatment S6 or S10. Next, annealing is given in the ambient atmosphere containing oxygen. This annealing showed that the bond strength of an ITO layer and a metal-electrode layer improved notably. Furthermore, the sheet resistance of ITO can be reduced by this annealing. In order to obtain certainly improvement in bond strength, and the fall of sheet resistance, it is desirable to anneal in the temperature of the range of 300-500 degrees C still more desirably 300-600 degrees C in the ambient atmosphere which made inert gas, such as nitrogen (N<sub>2</sub>) and an argon (Ar), contain 5 - 70% of oxygen by percent by weight. In order to make it the annealing temperature of this ITO layer not affect coincidence to a front process, it is desirable to make it lower than the processing temperature of the hydrogen annealing treatment S6 or S10.

[0075] The light emitting device of this operation gestalt is completed by performing the process S7 or process S11 which forms an overcoat layer, i.e., a bonding electrode, after this annealing process as expressed to drawing 2.

[0076] The configuration about the ITO transparent electrode 23 in this operation gestalt and its manufacture approach are not necessarily limited to the light emitting device which consists of a nitride system semi-conductor, but can be similarly applied in other various applications. For example, it is applicable similarly about the semiconductor device using ingredients formed on the light emitting device or InP substrate using ingredients formed on a GaAs substrate, such as an InGaAlP system and an AlGaAs system, such as an InP system and an InGaAs system. That is, by using nickel as a metal layer contacted to an ITO electrode, both bond strength can be improved and the dependability of a component can be raised.

[0077] Moreover, by giving annealing in the ambient atmosphere containing oxygen, the sheet resistance of ITO can be reduced and bond strength with a metal layer or a semi-conductor layer can also be improved further.

[0078] If an example is given, after forming a transparent electrode in the p side, in the light emitting device of an InGaAlP system or an InP system, it is necessary to give the sintering process by the side of n in many cases. In such a case, according to the configuration and the manufacture approach of this invention, it can prevent raising the sheet resistance of ITO, and sheet resistance can be reduced rather, and the effectiveness that bond strength is also improvable can be acquired.

[0079] On the other hand, as a translucency electrode 23 of this operation gestalt, the oxide of various kinds of metals, such as an indium, tin, and titanium, can be similarly used in addition to ITO.

[0080] In the above, the gestalt of operation of this invention was explained, referring to an example. However, this invention is not limited to these examples.

[0081] For example, as structure of n lateral electrode, it is not limited to the illustrated example.

Besides this, on n mold contact layer, either a hafnium (Hf), titanium (Ti) or aluminum (aluminum). Or the same effectiveness can be acquired also with all the structures that prepared the contact layer which consists of these alloys, prepared on it the barrier layer which consists of a tungsten, and prepared on it the bonding pad which consists of gold (Au).

[0082] Moreover, the structure of a light emitting device is also good also as the so-called "double hetero mold structure" which sandwiched the barrier layer by the cladding layer, and superlattice may be used for a barrier layer, a cladding layer, etc. Furthermore, it can apply similarly not only about light emitting diode but about various kinds of semiconductor laser, and the same effectiveness can be acquired.

[0083] Moreover, what is used as a substrate cannot be limited to sapphire, in addition insulating substrates, such as a spinel, and MgO, ScAlMgO<sub>4</sub>, LaSrGaO<sub>4</sub>, O (AlTa (LaSr))<sub>3</sub>, and conductive substrates, such as SiC, GaN, Si, and GaAs, can be similarly used for it, and it can acquire each effectiveness. Especially about GaN, on silicon on sapphire, it exfoliates from a substrate and the GaN layer which grew thickly by hydride vapor growth etc. can be used as a GaN substrate, for example.

[0084] Moreover, in the case of ScAlMgO<sub>4</sub> substrate, it is desirable to use a field in the case of a field (0001) and O(AlTa (LaSr))<sub>3</sub> substrate (111).

[0085] Furthermore, this invention can be similarly applied about the semiconductor device of p lateral electrode and n lateral electrode which has either at least, and can acquire the same effectiveness. For example, this invention is not necessarily limited to a light emitting device, but can be similarly applied about various kinds of electronic devices, such as FET (feild effect transistor: field-effect transistor).

[0086]

[Effect of the Invention] This invention is carried out with a gestalt which was explained above, and does so the effectiveness of explaining below.

[0087] First, according to this invention, ohmic contact in p mold contact layer is sharply improvable by using either of the mixture of silver or silver, and gold as a contact metal in contact with p mold contact layer.

[0088] Moreover, ohmic contact is improvable, maintaining the barrier effectiveness by preparing a tungsten layer on the n side contact metal layer at the n side of a component according to this invention. That is, like the platinum (Pt) conventionally used as a barrier layer, without degrading ohmic contact, it acts effectively as a barrier layer and prolonged dependability is secured.

[0089] Moreover, when either the hafnium (Hf) mentioned above as a contact metal when a tungsten layer was used as a barrier layer in this way, titanium (Ti) or aluminum (aluminum) is used according to this invention, a good result is obtained especially.

[0090] Moreover, according to the manufacture approach of this invention, good ohmic contact can be acquired by forming and carrying out the sinter of the n lateral electrode in advance of formation of p lateral electrode. This reason is that the optimal sinter temperature over the contact metal of n lateral electrode used in this invention is higher than the optimal heat treatment temperature to p lateral electrode. That is, carrying out the load of the superfluous heat treatment to p lateral electrode is lost by performing formation and the sinter of n lateral electrode previously.

[0091] Moreover, according to the manufacture approach of this invention, after depositing p lateral electrode, the ohmic contact by the side of p and bond strength are further improvable by giving annealing in the ambient atmosphere of reducibility. This is the experiment fact in which is contrary with the fact conventionally reported about the nitride system semi-conductor, and this invention person did learning uniquely. Thus, as a contact metal by the side of p, when giving annealing in the ambient atmosphere of reducibility, also when nickel (nickel) is used, ohmic contact sharply better than before is acquired.

[0092] Moreover, if it is the structure which carried out the laminating of an InAlGaN layer and the AlGaN layer to the p or n side by turns, and the structure which carried out the laminating of an InGaN layer and the AlGaN layer by turns according to this invention, since InGaN and AlGaN will produce distortion of an opposite direction to GaN, respectively, if it is such a laminated structure, it will become possible to compensate distortion. Moreover, in a nitride system semi-conductor layer with a thickness

of 0.1 micrometers or less, if formation of a high carrier concentration layer is easy and two or more layers are formed, it will be easy to concentrate the high-concentration silicon (Si) which is the high-concentration magnesium (Mg) or high-concentration n mold impurity which is p mold impurity near [ those ] an interface (between the layers and GaN layers containing especially In and aluminum). If predetermined heat treatment is performed after depositing p lateral electrode and n lateral electrode, an electrode metal and two or more nitride system semi-conductor layers can react, and magnesium (p side), the high-concentration silicon (n side), and the high-concentration electrode metal which are near the interface of those layers further can also form the electrode contact with good lifting and ohmic property for a good reaction.

[0093] In this case, if there is irregularity which penetrates two or more nitride system semi-conductor layers so that it may mention later about the following 2nd operation gestalt, the reaction of an electrode metal and a semi-conductor layer can be advanced further efficiently.

[0094] Moreover, according to this invention, if the front face of the semi-conductor of a contact part is processed into concave convex, a touch area with an electrode increases and contact resistance can be reduced further. Moreover, the peel strength of an electrode also increases. Furthermore, the ejection effectiveness to the exterior of the light emitted from a part for a light-emitting part is improved with the irregularity formed in the p side.

[0095] Furthermore, according to this invention, by using nickel as a metal layer contacted to an ITO electrode, both bond strength can be improved and the dependability of a component can be raised.

[0096] Moreover, golden diffusion can be certainly prevented by preparing the barrier layer which consists of a tungsten or platinum between such nickel layers and gold layers.

[0097] Moreover, according to this invention, after depositing ITO, by giving annealing in the ambient atmosphere containing oxygen, the sheet resistance of ITO can be reduced and bond strength with a metal layer or a semi-conductor layer can also be improved further.

[0098] As explained in full detail above, according to this invention, the light emitting device by which ohmic contact has been improved conventionally and dependability and the bond strength of an electrode have also been improved by coincidence can be offered, and the merit on industry is great.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is an outline sectional view showing the semi-conductor light emitting device concerning the gestalt of operation of the 1st of this invention.

[Drawing 2] It is a flow chart showing the important section of the manufacture approach of the light emitting device of this invention.

[Drawing 3] It is a graphical representation showing the current potential property by the side of p lateral electrode of the light emitting device which this invention person made as an experiment.

[Drawing 4] It is a graphical representation showing the current potential property by the side of n lateral electrode of the light emitting device which this invention person made as an experiment.

[Drawing 5] It is a conceptual diagram showing the cross-section structure of the light emitting device concerning the gestalt of operation of the 2nd of this invention.

[Drawing 6] It is a conceptual diagram showing the cross-section configuration of the light emitting device concerning the gestalt of operation of the 3rd of this invention.

[Drawing 7] It is a conceptual diagram showing the cross-section configuration of the light emitting device concerning the gestalt of operation of the 4th of this invention.

[Drawing 8] It is an outline sectional view showing the structure of the conventional light emitting diode using a nitride system semi-conductor.

[Description of Notations]

- 1 Silicon on Sapphire
- 2 N Mold GaN Layer
- 3 N Mold AlGaIn Contact Layer
- 4 N Mold GaN Contact Layer
- 5 N Mold GaN Layer
- 6 P Mold GaN Layer
- 7 P Mold AlGaIn Contact Layer
- 8 P Mold InGaIn Contact Layer
- 9 P Mold GaN Contact Layer
- 10 1st Metal Layer
- 11 2nd Metal Layer
- 12 Tungsten (W) Layer
- 13 Brock Layer
- 14 Hafnium (Hf) Layer
- 15 Aluminum (Aluminum) Layer
- 16 Hafnium (Hf) Layer
- 17 Golden (Au) Layer
- 18 Titanium (Ti) Layer
- 19 Tungsten (W) Layer
- 20 Golden (Au) Layer

22 Protective Coat  
101 Silicon on Sapphire  
102 N Mold GaN Layer  
106 P Mold GaN Layer  
113 Insulating Layer  
121 Transparent Electrode  
122 N Lateral Electrode  
123 Bonding Pad

---

[Translation done.]



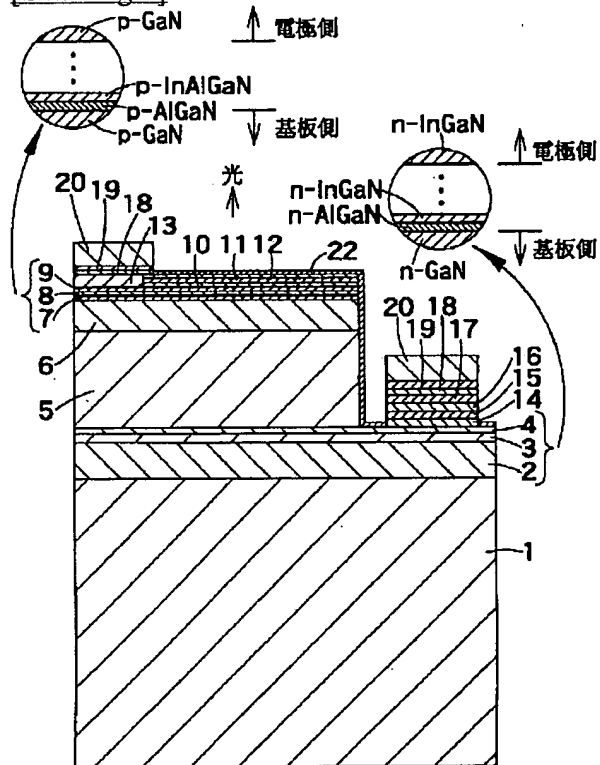
## \* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

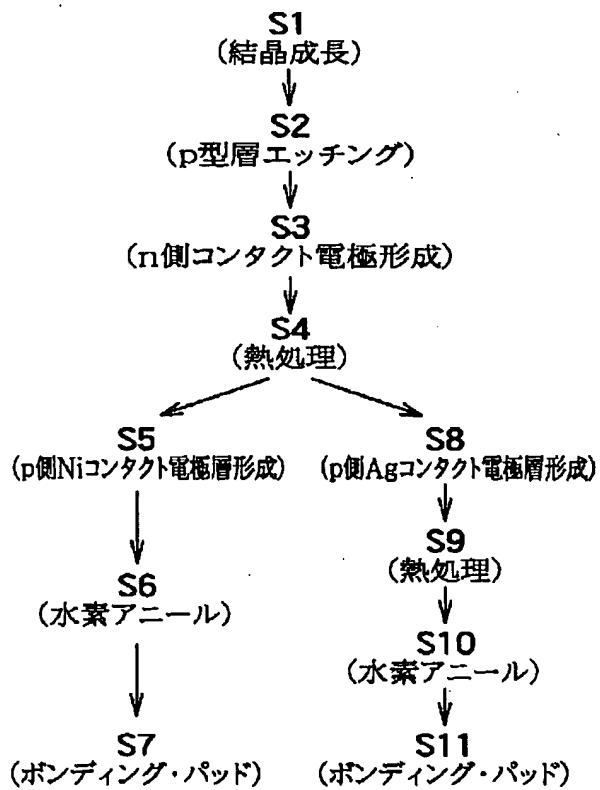
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

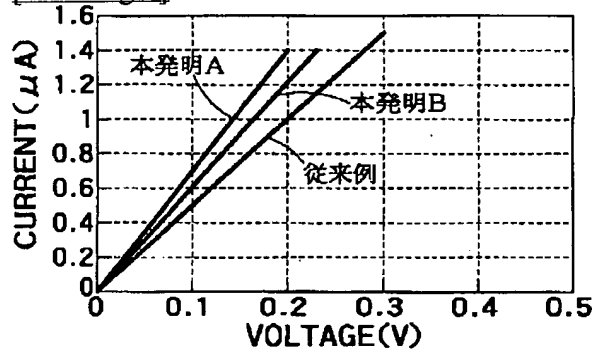
[Drawing 1]



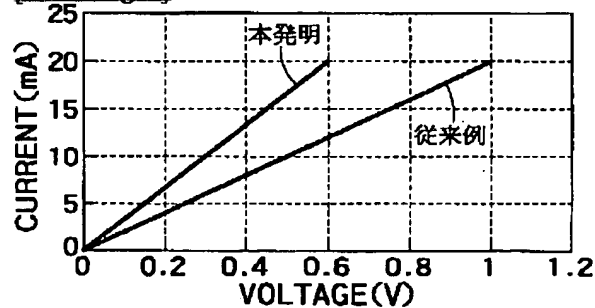
[Drawing 2]



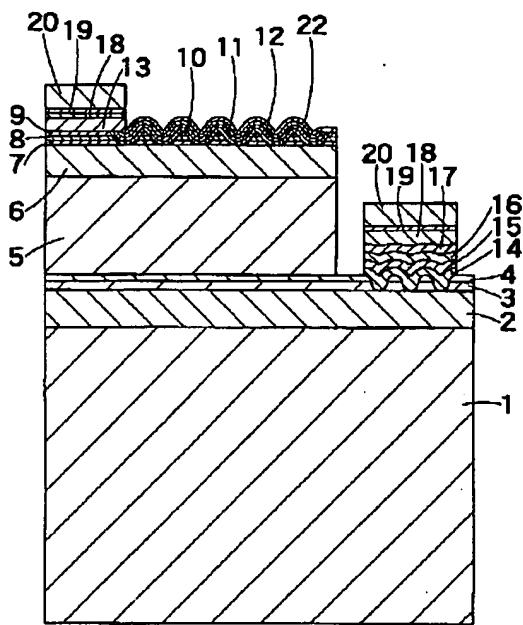
[Drawing 3]



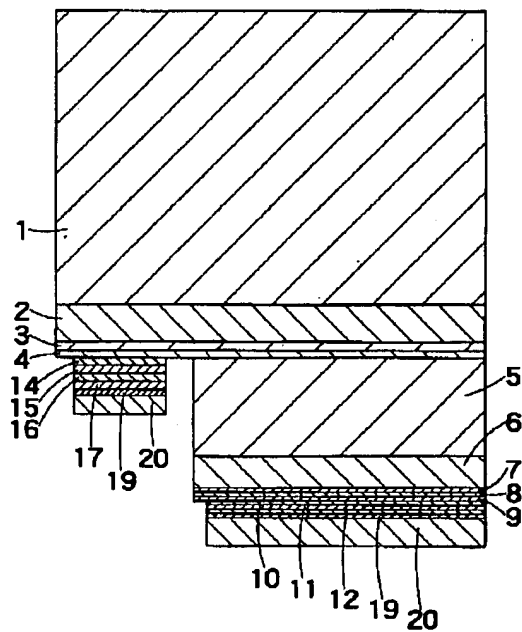
[Drawing 4]



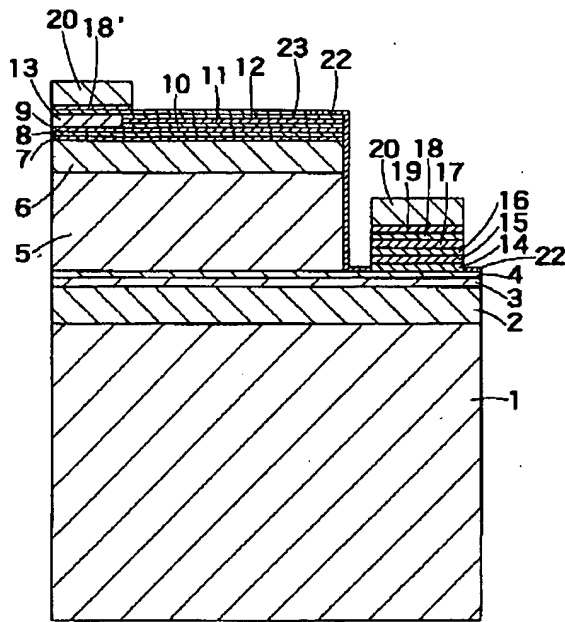
[Drawing 5]



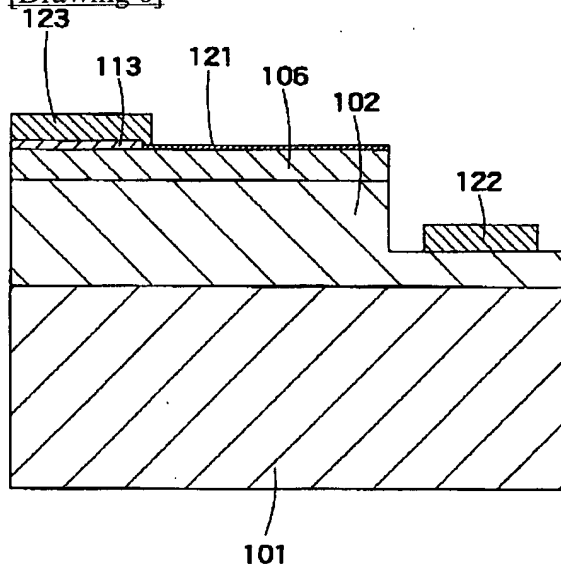
[Drawing 6]



[Drawing 7]



[Drawing 8]



[Translation done.]

(11)特許出願公開番号

特開2000-164928

(P2000-164928A)

(43)公開日 平成12年6月16日(2000.6.16)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 0 1 L 33/00

識別記号

F I  
H O 1 L 33/00

テマコート\* (参考)

C 4M104

E 5 F 0 4 1

21/28

301

21/28

301H

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平10-334574

(22) 出題日 平成10年11月25日(1998. 11. 25)

(71)出願人 000221339

東芝電子エンジニアリング株式会社

神奈川県川崎市川崎区日進町7番地1

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 岡 崎 治 彦

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会

社東芝川崎事業所内

(74) 代理人 100064285

弁理士 佐藤 一雄 (外3名)

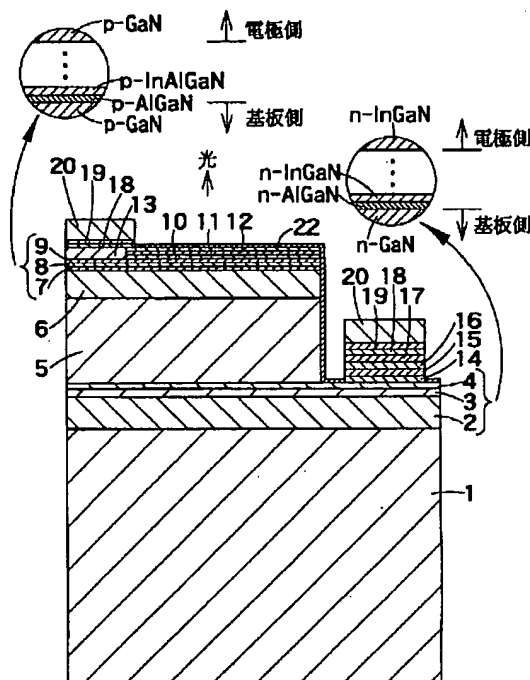
[最終頁に続く](#)

(54) 【発明の名称】 半導体発光素子およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 良好なオーミック特性がえられ、信頼性も改善された半導体発光素子及びその製造方法を提供することを目的とする。

【解決手段】 p型コンタクト層と接触するコンタクト金属として、銀、または、銀と金との混合物のいずれかをを用いることにより、p型コンタクト層とのオーミック接触を大幅に改善することができる。また、素子のn側において、n側コンタクト金属層の上にタングステン層を設けることにより、バリア効果を維持しつつ、オーミック接触を改善することができる。さらに、p側コンタクト電極層を形成した後に還元性雰囲気中熱処理を施すことによりオーミック接触を改善することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】p型の窒化物系半導体からなる第1の層と、  
n型の窒化物系半導体からなる第2の層と、  
前記第1の層に接触して設けられたp側電極と、  
前記第2の層に接触して設けられたn側電極と、  
を備え、  
前記p側電極は、前記第1の層に接触して設けられ銀（Ag）を含有するコンタクト層と、前記コンタクト層の上に設けられたタングステン（W）からなる層と、を有することを特徴とする半導体発光素子。  
【請求項2】前記タングステン（W）からなる層の上に、金属酸化物からなる透光性導電膜が設けられたことを特徴とする請求項1記載の半導体発光素子。  
【請求項3】前記透光性導電膜の上に設けられたオーバーコート層をさらに備え、  
前記オーバーコート層は、  
前記透光性導電膜に接触して設けられたニッケル（Ni）からなる層を有することを特徴とする請求項1または2に記載の半導体発光素子。  
【請求項4】p型の窒化物系半導体からなる第1の層と、  
n型の窒化物系半導体からなる第2の層と、  
前記第1の層に接触して設けられたp側電極と、  
前記第2の層に接触して設けられたn側電極と、  
を備え、  
前記n側電極は、前記第1の層に接触して設けられ、ハフニウム（Hf）、アルミニウム（Al）及びチタン（Ti）のいずれかからなるコンタクト層と、前記コンタクト層の上に設けられたタングステン（W）からなるバリア層と、前記バリア層の上に設けられた金（Au）からなるボンディング・パッド層と、を有することを特徴とする半導体発光素子。  
【請求項5】前記第1の層は、p型のドーパントを含有し層厚が100nm以下の複数の層からなり、  
前記複数の層のそれぞれは、隣接する層と組成が異なる窒化物系半導体からなることを特徴とする請求項1～4のいずれか1つに記載の半導体発光素子。  
【請求項6】前記第2の層は、n型のドーパントを含有し層厚が100nm以下の複数の層からなり、  
前記複数の層のそれぞれは、隣接する層と組成が異なる窒化物系半導体からなることを特徴とする請求項1～5のいずれか1つに記載の半導体発光素子。  
【請求項7】前記第1の層と前記第2の層の少なくともいずれかは、前記電極と接触する表面に凹凸が設けられたことを特徴とする請求項1～6のいずれか1つに記載の半導体発光素子。  
【請求項8】半導体からなる発光層と、  
金属酸化物からなり、前記発光層から放出される光に対して透光性を有する透光性導電膜と、

前記透光性導電膜に接触して設けられたニッケル（Ni）からなる層と、  
を備えたことを特徴とする半導体発光素子。  
【請求項9】n型の窒化物系半導体からなるn型層とp型の窒化物系半導体からなるp型層とを有する積層体を形成する工程と、  
前記積層体の前記p型層の表面にp側コンタクト電極層を形成する工程と、  
還元性ガスを含有する雰囲気中で熱処理する工程と、  
を備えたことを特徴とする半導体発光素子の製造方法。  
【請求項10】n型の窒化物系半導体からなるn型層とp型の窒化物系半導体からなるp型層とを有する積層体を形成する工程と、  
前記積層体の前記n型層の表面にn側コンタクト電極層を形成する工程と、  
第1の温度において熱処理する工程と、  
前記積層体の前記p型層の表面にp側コンタクト電極層を形成する工程と、  
還元性ガスを含有する雰囲気中で前記第1の温度よりも低い第2の温度において熱処理する工程と、  
を備えたことを特徴とする半導体発光素子の製造方法。  
【請求項11】前記n側コンタクト電極層は、ハフニウム（Hf）、アルミニウム（Al）及びチタン（Ti）のいずれかからなることを特徴とする請求項10記載の半導体発光素子の製造方法。  
【請求項12】前記p側コンタクト電極層は、銀（Ag）を含有する金属またはニッケル（Ni）のいずれかからなることを特徴とする請求項9～11のいずれか1つに記載の半導体発光素子の製造方法。  
【請求項13】前記p側コンタクト電極層の上に金属酸化物からなる透光性導電膜を形成する工程と、  
酸素を含有した雰囲気において前記透光性導電膜を熱処理する工程と、  
をさらに備えたことを特徴とする請求項9～12のいずれか1つに記載の半導体発光素子の製造方法。  
【請求項14】発光層を含む半導体積層体を形成する工程と、  
前記半導体積層体の上に金属酸化物からなる透光性導電膜を形成する工程と、  
酸素を含有した雰囲気において前記透光性導電膜を熱処理する工程と、  
を備えたことを特徴とする半導体発光素子の製造方法。  
【発明の詳細な説明】  
【0001】  
【発明の属する技術分野】本発明は、半導体発光素子及びその製造方法に関する。より詳しくは、本発明は、基板上にGa<sub>2</sub>N、InGa<sub>2</sub>N、GaAlNなどの窒化物系半導体層などが積層された発光素子であって、接触抵抗が低く信頼性も良好な電極を有する半導体発光素子及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】窒化ガリウムに代表される窒化物系半導体を用いることにより、紫外光から青色、緑色の波長帯の発光素子が実用化されつつある。

【0003】なお、本願において「窒化物系半導体」とは、 $B_xIn_yAl_zGa_{(1-x-y-z)}N$  ( $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ ) のIII-V族化合物半導体を含み、さらに、V族元素としては、Nに加えてリン(P)や砒素(As)などを含有する混晶も含むものとする。

【0004】窒化物系半導体を用いて発光ダイオード(LED)や半導体レーザーなどの発光素子を形成することにより、これまで困難であった発光強度の高い紫外光、青色光、緑色光等の発光が可能となりつつある。また、窒化物系半導体は、結晶成長温度が高く、高温下でも安定した材料であるので電子デバイスへの応用も期待されている。

【0005】以下、窒化物系半導体を用いた半導体素子の一例として発光素子を例に挙げて説明する。

【0006】図8は、窒化物系半導体を用いた従来の発光ダイオードの構造を表す概略断面図である。サファイア基板101の上に、GaNバッファ層(図示せず)、n型GaN層102とp型GaN層106が結晶成長され、p型GaN層106の一部がエッチング除去されてn型GaN層102が露出されている。p型GaN層6の上にはp側透明電極(Au)121、とp側ボンディング電極の下に電流阻止用の絶縁膜113、その上にp側透明電極121と接続されたp側ボンディング電極123(Ti/Au)が形成され、さらにn型GaN層上にn側電極122(Al/Au)を形成されている。

【0007】図8の発光ダイオードにおいては、p側電極から流された電流は導電性の良い透明電極121で面内方向に拡げられ、p型GaN層106からn型GaN層102に電流が注入されて発光し、その光は透明電極121を透過してチップ外に取り出される。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかし、図8に例示したような従来の窒化物系半導体は、電極とオーミック接触を確保することが難しいという問題があった。すなわち、窒化物系半導体はバンドギャップが広いため電極とオーミック接触をさせることが難しい。さらに、窒化物系半導体は、p型、n型共に高キャリア濃度を有する層の形成が困難であり、この点からもオーミック接触の形成が困難であるという問題があった。

【0009】また、窒化物系半導体は、化学的なウェットエッチングが困難であるため、電極形成前の表面処理を行うことが難しく、電極と半導体層界面の表面状態によってオーミック特性が大きく左右されるという工程上の問題もあった。

【0010】本発明は、このような事情に鑑みてなされたもので、その目的は、良好なオーミック特性がえら

れ、信頼性も改善された半導体発光素子及びその製造方法を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の半導体発光素子は、p型の窒化物系半導体からなる第1の層と、n型の窒化物系半導体からなる第2の層と、前記第1の層に接触して設けられたp側電極と、前記第2の層に接触して設けられたn側電極と、を備え、前記p側電極は、前記第1の層に接触して設けられ、銀(Ag)を含有するコンタクト層と、前記コンタクト層の上に設けられたタングステン(W)からなる層と、を有することを特徴とし、p側において優れたオーミック接触を確保することができる。

【0012】ここで、前記タングステン(W)からなる層の上に、金属酸化物からなる透光性導電膜を設けることにより、電流を面内に拡げて均一な発光を得ることができる。

【0013】さらに、前記透光性導電膜の上に設けられたオーバーコート層をさらに備え、前記オーバーコート層は、前記透光性導電膜に接触して設けられたニッケル(Ni)からなる層を有することにより、透光性導電膜とオーバーコート層との付着強度を改善することができる。

【0014】または、本発明の半導体発光素子は、p型の窒化物系半導体からなる第1の層と、n型の窒化物系半導体からなる第2の層と、前記第1の層に接触して設けられたp側電極と、前記第2の層に接触して設けられたn側電極と、を備え、前記n側電極は、前記第1の層に接触して設けられ、 hafnium(Hf)、アルミニウム(Al)及びチタン(Ti)のいずれかからなるコンタクト層と、前記コンタクト層の上に設けられたタングステン(W)からなるバリア層と、前記バリア層の上に設けられた金(Au)からなるボンディング・パッド層と、を有することを特徴とし、n側において良好なオーミック接触を確保するとともにバリア層が有効に作用して信頼性も確保することができる。

【0015】本発明の望ましい実施の態様として、前記第1の層は、p型のドーパントを含有し層厚が100nm以下の複数の層からなり、前記複数の層は、隣接する層が互いに異なる組成の窒化物系半導体からなることを特徴とし、さらにオーミック接触を改善することができる。

【0016】ここで、前記第2の層は、n型のドーパントを含有し層厚が100nm以下の複数の層からなり、前記複数の層は、隣接する層が互いに異なる組成の窒化物系半導体からなるものとするのが望ましい。

【0017】また、前記第1の層と前記第2の層の少なくともいずれかは、前記電極と接触する表面に凹凸が設けられたものとすれば、電極との接触面積を拡大して接触抵抗を低下させ、電極の付着強度を改善することがで

きる。

【0018】または、本発明の半導体発光素子は、半導体からなる発光層と、金属酸化物からなり、前記発光層から放出される光に対して透光性を有する透光性導電膜と、前記透光性導電膜に接触して設けられたニッケル(Ni)からなる層と、を備えたことを特徴とし、窒化物系半導体に限らず、InGaAlP系やInP系などの種々の材料系を用い、且つ透光性導電膜を有する半導体発光素子において、透光性導電膜と金属層との付着強度を改善することができる。

【0019】一方、本発明の半導体発光素子の製造方法は、n型の窒化物系半導体からなるn型層とp型の窒化物系半導体からなるp型層とを有する積層体を形成する工程と、前記積層体の前記p型層の表面にp側コンタクト電極層を形成する工程と、還元性ガスを含有する雰囲気中で熱処理する工程と、を備えたことを特徴とし、p側において良好なオーミック接触を得ることができる。

【0020】または、本発明の半導体発光素子の製造方法は、n型の窒化物系半導体からなるn型層とp型の窒化物系半導体からなるp型層とを有する積層体を形成する工程と、前記積層体の前記n型層の表面にn側コンタクト電極層を形成する工程と、第1の温度において熱処理する工程と、前記積層体の前記p型層の表面にp側コンタクト電極層を形成する工程と、還元性ガスを含有する雰囲気中で前記第1の温度よりも低い第2の温度において熱処理する工程と、を備えたことを特徴とし、良好なオーミック接触を得ることができる。

【0021】ここで、本発明の望ましい実施の態様として、前記n側コンタクト電極層は、ハフニウム(Hf)、アルミニウム(Al)及びチタン(Ti)のいずれかからなるものとすれば、良好なn側オーミックが得られる。

【0022】また、前記p側コンタクト電極層は、銀(Ag)を含有する金属またはニッケル(Ni)のいずれかからなるものとすれば、良好なp側オーミックが得られる。

【0023】また、前記p側コンタクト電極層の上に金属酸化物からなる透光性導電膜を形成する工程と、酸素を含有した雰囲気において前記透光性導電膜を熱処理する工程と、をさらに備えたことを特徴とし、透光性導電膜のシート抵抗を低下させ付着強度も高くすることができる。

【0024】または、本発明の半導体発光素子の製造方法は、発光層を含む半導体積層体を形成する工程と、前記半導体積層体の上に金属酸化物からなる透光性導電膜を形成する工程と、酸素を含有した雰囲気において前記透光性導電膜を熱処理する工程と、を備えたことを特徴とし、窒化物系半導体に限らず、InGaAlP系やInP系などの種々の半導体を用い、且つ透光性導電膜を有する半導体発光素子において、透光性導電膜のシート

抵抗を低下させ、付着強度を高くすることができる。

【0025】

【発明の実施の形態】以下に図面を参照しつつ、本発明の実施の形態について説明する。図1は、本発明の第1の実施の形態にかかる半導体発光素子を表す概略断面図である。本発明の半導体発光素子は、サファイア基板1の上にGa<sub>2</sub>Nバッファ層(図示せず)、n型Ga<sub>2</sub>N層2、n型AlGa<sub>2</sub>Nコンタクト層3、n型Ga<sub>2</sub>Nコンタクト層4、n型Ga<sub>2</sub>N層5、p型Ga<sub>2</sub>N層6、p型AlGa<sub>2</sub>Nコンタクト層7、p型InGa<sub>2</sub>Nコンタクト層8、p型Ga<sub>2</sub>Nコンタクト層9、が順次積層された構造を有する。

【0026】p側電極は、透光性電極とボンディング・パッド部とからなる。すなわち、p型Ga<sub>2</sub>Nコンタクト層9の上には、SiO<sub>2</sub>などからなるブロック層13が選択的に形成され、残りの表面上には、例えば、第1の金属層10/第2の金属層11/タングステン(W)層12を積層した透光性電極が形成されている。

【0027】ブロック層13は、ボンディング・パッドの下において余分な発光が生じないように電流を遮断する役割を有する。また、透光性電極の各層の層厚はいずれも極めて薄く、発光素子から放出される光があまり吸収されずに透過するようにされている。

【0028】第1の金属層10としては、銀(Ag)を用いることが望ましい。また、第2の金属層11としては、金(Au)を用いることが望ましい。または、第1の金属層10として銀と金との混合物を用い、第2の金属層を省略しても良い。あるいは、後に詳述するように、本発明に独特の水素アニールを施す場合には、第1の金属層10としてニッケル(Ni)を用い、第2の金属層を省略しても良い。

【0029】ブロック層13の上には、透光性電極層の一部が接続された状態で、チタン(Ti)層18、タングステン(W)層19、金(Au)層20をこの順に堆積したボンディングパッドが形成されている。ここで、チタン(Ti)層18は接着層、タングステン(W)層19はバリア層、金(Au)層20はボンディング層として作用する。

【0030】一方、n型コンタクト層4の上には、n側電極が形成されている。すなわち、ハフニウム(Hf)層14/アルミニウム(Al)層15/ハフニウム(Hf)層16/金(Au)層17がこの順序に堆積され、さらにその上には、チタン(Ti)層18、タングステン(W)層19、金(Au)層20をこの順に堆積したボンディングパッド部が形成されている。

【0031】ここで、中間の金(Au)層17は、ハフニウム(Hf)層16を保護するキャップ層として作用する。半導体中への金(Au)の過剰な侵入を防ぐために、金(Au)層17の層厚は比較的薄く形成することが望ましく、または、省略することもできる。



【0032】また、チタン層18は、接着層として作用する。タングステン層19は、バリア層として作用する。さらに、金属層20は、ワイアなどをボンディングする層として作用する。

【0033】図示したn側電極層の構造は、一例に過ぎない。本発明においては、n型コンタクト層4に接触する金属層が、ハフニウム(Hf)、チタン(Ti)またはアルミニウム(Al)のいずれかであり、その上にタングステン(W)からなるバリア層が設けられ、さらに、その上に金(Au)からなるボンディング・パッド層が設けられていることが特徴とされる。

【0034】発光素子の表面は、SiO<sub>2</sub>からなる保護膜22により覆われている。

【0035】本発明の発光素子は、以上説明した構成により、以下に説明する作用を奏する。

【0036】すなわち、本発明によれば、まず、p型コンタクト層9と接触するコンタクト金属として、銀、または、銀と金との混合物のいずれかを用いることにより、p型コンタクト層9とのオーミック接触を大幅に改善することができる。本発明者は、独自の検討を行った結果、これらの金属を半導体層にコンタクトさせた時に、特に接触抵抗を低減できることを知得するに至った。これは、銀を添加することによりp型コンタクト層9と反応しやすくなるからであると考えられる。

【0037】また、本発明によれば、素子のn側において、n側コンタクト金属層の上にバリア層としてのタングステン層19を設けることにより、バリア効果を維持しつつ、オーミック接触を改善することができる。すなわち、バリア層は、n側コンタクト金属とボンディングパッドとの相互拡散を防いで、信頼性を維持する作用を有する。従来は、n側電極のバリア層としては、白金(Pt)が用いられることが多かった。しかし、白金は、窒化物系半導体の中に侵入するとp型のドーパントとして作用する。従って、ボンディング・パッド形成後の、熱処理や半田マウントあるいはワイア・ボンディングなどの昇温工程の際に白金がn型コンタクト層に拡散してオーミック接触を劣化させていた。

【0038】これに対して、本発明者は、n側電極のバリア層としてタングステン層を用いることにより、オーミック接触を劣化させることなく、長期間の信頼性が確保されることを発見した。また、このようにバリア層としてタングステン層を用いる場合には、コンタクト金属として、上述したハフニウム(Hf)、チタン(Ti)またはアルミニウム(Al)のいずれかを用いた場合に、特に良好な結果が得られることが分かった。

【0039】さらに、本発明によれば、これらの新規な構成を従来とは異なる新規なプロセスで形成することにより、さらにオーミック接触を改善することができる。次に、本発明の発光素子の製造方法について説明する。図2は、本発明の発光素子の製造方法の要部を表すフロ

ーチャートである。まず、ステップS1に示したように、サファイア基板1の上に、半導体層2～9を順次結晶成長する。各層の結晶成長は、例えば、MOCVD (metal-organic chemical vapor deposition)、ハイドライドCVD、MBE (molecular beam deposition) などの方法により行うことができる。

【0040】次に、ステップS2に示したように、p型層をエッチングする。すなわち、p型半導体からなる層6～9を、選択的にエッチングしてn型GaN層4を露出させる。具体的には、例えば、PEP (photo-engraving process) 法によりパターニングし、RIE (reactive ion etching) などのエッチング法によりエッチングを施すことにより行う。

【0041】次に、ステップS3に示したように、n側電極のうちのコンタクト部を形成する。具体的には、真空蒸着法やスパッタリング法などによりGaNコンタクト層4の上に、ハフニウム層14/アルミニウム層15/ハフニウム層16/金属層17などを堆積し、リフトオフ法によりパターニングする。

【0042】次に、ステップS4に示したように、n側電極のコンタクト部のシタを行う。具体的には、例えば、窒素ガス雰囲気中において800℃以上で20秒間程度の熱処理を施す。

【0043】次に、ステップS5またはS8に示したように、p側電極のうちの透光性電極層を形成する。具体的には、真空蒸着法やスパッタリング法などによりp型コンタクト層9の上に、第1の金属層10/第2の金属層11/タングステン(W)層12などを順次堆積する。ここで、第1の金属層10は、前述したように、銀、銀と金との混合物、またはニッケルのいずれかである。銀の場合には、その厚みは、0.5～10nm程度とすることが望ましい。また、銀と金との混合物とする場合には、銀の比率は、1～20原子%程度とし、その混合物層の厚みは、0.5～10nm程度とすることが望ましい。また、ニッケルの場合には、その厚みは、0.5～5nmとすることが望ましい。

【0044】この後の工程は、p側電極の材料に応じて若干異なる。すなわち、ステップS5に示したように、コンタクト金属としてニッケルを用いた場合には、ステップS6において、還元性ガスを含有した雰囲気中でアニールを施す。還元性ガスとしては、水素ガスを用いることができる。また、その雰囲気は、水素と窒素との混合ガスとすることができ、水素の体積含有率が0.1%～5%程度の範囲であることが望ましい。また、アニール温度は、500℃以下とすることが望ましい。

【0045】次に、ステップS7に示したように、ボンディング・パッド部を形成する。具体的には、真空蒸着法やスパッタリング法などによって、チタン(Ti)層18、タングステン(W)層19、金(Au)層20をこの順に堆積する。

【0046】一方、ステップS8に示したように、コンタクト金属として、銀または銀と金との混合物を用いた場合には、ステップS9において、一旦シンタする。具体的には、窒素雰囲気中において600℃以上800℃以下の温度で熱処理を施す。熱処理は、例えば、750℃で約20秒間とすることができる。

【0047】次に、ステップS10に示したように、還元性ガスとしての水素を含有した雰囲気中でアニールを施す。この雰囲気やアニール温度は、ステップS6について前述した通りである。

【0048】次に、ステップS11に示したように、ボンディング・パッド部を形成する。具体的には、真空蒸着法やスパッタリング法などによって、チタン(Ti)層18、タングステン(W)層19、金(Au)層20をこの順に堆積する。

【0049】以上の工程により、本発明の半導体発光素子が完成する。

【0050】本発明の製造方法においては、まず、p側電極の形成に先だってn側電極を形成し、シンタすることにより、良好なオーミック接触を得ることができる。この理由は、本発明において用いるn側電極のコンタクト金属に対する最適なシンタ温度は、p側電極に対する最適な熱処理温度よりも高いからである。すなわち、ステップS4におけるn側電極のシンタ温度は、800℃以上であるのに対して、ステップS6、S9、S10における熱処理温度は、いずれも800℃以下である。従って、図2に示したようにn側電極の形成とシンタを先に行うことにより、p側電極に過剰な熱処理を負荷することがなくなる。

【0051】また、本発明の製造方法によれば、p側電極を堆積した後に、ステップS6、S10において還元性の雰囲気中でアニールを施すことにより、p側のオーミック接触や付着強度をさらに改善することができる。これは、窒化物系半導体に関して従来報告されている事実と反するものであり、本発明者が独自に知得した実験事実である。すなわち、従来は、水素雰囲気中でp型の窒化物系半導体を熱処理すると、水素の作用によって、半導体中に含有されるマグネシウム(Mg)などのp型ドーパントが不活性化するという事実が報告されていた。このような不活性化が生ずると、p型半導体のアクセプタ濃度が低下するために、オーミック接触は劣化するはずであった。

【0052】これに対して、本発明者は、p型の窒化物系半導体の上に、まず、p側電極層を堆積し、しかる後に水素を含む雰囲気中で熱処理を施すと、オーミック接触と付着強度が大幅に改善されることを発見した。これは、定性的には、p型半導体層の上を電極層で覆うことにより、p型半導体層中のp型ドーパントの不活性化を抑制しつつ半導体層と電極層との間に介在する酸化物などを還元除去することができるからであると推測され

る。

【0053】図3は、本発明者が試作した発光素子のp側電極側の電流電圧特性を表すグラフ図である。ここで、p側電極は、幅100μm、間隔20μmとした。図3において、「本発明A」と表したものは、p側のコンタクト金属として銀(Ag)を用い、水素を含む窒素ガス雰囲気中で500℃10分間のアニールを施した素子である。また、「本発明B」と表したものは、p側のコンタクト金属として銀を用い、水素を含む雰囲気中でのアニールは施さない素子である。また、「従来例」と表したものは、p側のコンタクト金属として金(Au)を用い、水素を含む雰囲気中でのアニールは施さない素子である。

【0054】図3から、p側のコンタクト金属として銀を用いることにより、従来よりも接触抵抗が低下し、水素を含有する雰囲気中でアニールを施すことにより接触抵抗はさらに低減することが分かる。同様の改善は、コンタクト金属として、銀と金との混合物やニッケルを用いた場合にも得られた。

【0055】一方、図4は、本発明者が試作した発光素子のn側電極側の電流電圧特性を表すグラフ図である。ここで、n側電極は、間隔350μmとした。図4において、「本発明」と表したものは、n側電極層としてハフニウム(Hf)を用い、バリア層としてタングステン(W)を用いた素子である。また、「従来例」と表したものは、p側のコンタクト金属としてアルミニウム(Al)を用い、バリア層として白金(Pt)を用いた素子である。

【0056】図4から、本発明によれば、従来よりも接触抵抗が大幅に低減することが分かる。同様の効果は、コンタクト層にアルミニウム(Al)またはチタン(Ti)を用いた場合にも得られた。

【0057】p側またはn側におけるコンタクト付近の層の構成は、例えば、図1において、要部拡大図に表したように、InAlGaIn層とAlGaIn層とを交互に積層した構造や、InGaIn層とAlGaIn層とを交互に積層した構造としても良い。

【0058】InGaInとAlGaInは、GaInに対してそれぞれ反対方向の歪みを生ずるので、このような積層構造とすると、歪みを補償することが可能となる。

【0059】また、100nm以下の厚さの窒化物系半導体層では高キャリア濃度層の形成が容易であり、複数の層を形成するとそれらの界面付近(特にInやAlを含む層とGaIn層との間)には、p型不純物である高濃度のマグネシウム(Mg)あるいはn型不純物である高濃度のシリコン(Si)が集中しやすい。p側電極やn側電極を堆積後に、所定の熱処理を施すと、電極金属と複数の窒化物系半導体層とが反応し、さらにそれらの層の界面付近にある高濃度のマグネシウム(p側)やシリコン(n側)と電極金属も良好な反応を起こし、オーミ

ック特性の良好な電極コンタクトを形成することができる。

【0060】この際に、次の第2実施形態に関して後述するように、複数の窒化物系半導体層を貫通するような凹凸があれば、さらに電極金属と半導体層との反応を効率的に進めることができる。

【0061】次に、本発明の第2の実施の形態について説明する。

【0062】図5は、本発明の第2の実施の形態にかかる発光素子の断面構成を表す概念図である。同図については、図1と同一の構成については、同一の符号を付して詳細な説明は省略する。本実施形態においては、p側及びn側の電極コンタクト部分において、半導体の表面部分が部分的にエッチング除去され、凹凸状に加工されている。そして、この凹凸状の半導体の表面にp側及びn側の電極層が形成されている。このようにコンタクト部分の半導体の表面を凹凸状に加工すると、電極との接触面積が増大し、コンタクト抵抗をさらに低減することができる。また、電極の剥離強度も増加する。さらに、p側に形成された凹凸によって、発光部分から放出される光の外部への取り出し効率が改善される。すなわち、窒化物系半導体は、屈折率が2.67程度と極めて高い。そのために、発光層から放出された光のうちで、p型コンタクト層の表面に到達した光は、垂直に近い角度で入射ものの以外は、全反射されてしまう。これに対して、本実施形態によれば、p型コンタクト層の表面部分に凹凸を形成することにより、光を数回にわたって散乱し、最終的に外部に取り出す成分を増加することができる。

【0063】次に、本発明の第3の実施の形態について説明する。図6は、本発明の第3の実施の形態にかかる発光素子の断面構成を表す概念図である。同図についても、図1に関して前述したものと同一の部分には同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

【0064】本実施形態の発光素子は、基板1を介して外部に光を取り出す構成を有する。

【0065】また、本実施形態においては、p側電極、N側電極ともにボンディング用の金(Au)層までを一度に形成しているため、オーバーコート電極層の接着層であるチタン(Ti)層18が無い構成となっている。

【0066】また、p側の電極を介して光を取り出す構成ではないため、p側電極は必ずしも透光性を有する必要は無く、層厚を厚く形成することができる。

【0067】次に、本発明の第4の実施の形態について説明する。

【0068】図7は、本発明の第4の実施の形態にかかる発光素子の断面構成を表す概念図である。同図についても、図1に関して前述したものと同一の部分には同一の符号を付して詳細な説明は省略する。本実施形態は、ITO(インジウム錫酸化物)からなる透光性電極23

をp側電極の表面に積層した例である。p側のオーバーコート電極すなわちボンディング電極は、ニッケル(Ni)層18'と金(Au)層20により形成されている。

【0069】本実施形態によれば、ITOを積層することにより、ボンディング電極に供給された電流をITOからなる透明電極23の層内で面内方向に拡げ、p側電極を介して注入することにより、面内において均一な強度分布を有する発光を得ることができる。

10 【0070】この効果は、p側電極金属が層状でなく島状に形成されている場合に特に効果的であり、ボンディング電極からの電流を面内方向に効率的に流すことができる。

【0071】また、ニッケル層18'は、ITOからなる透明電極23に対して付着強度が良好であり、ITO透明電極23の上のオーバーコート層すなわちボンディング電極が剥がれるという問題を解消することができる。

【0072】本実施形態においては、透明電極23が金(Au)に対するバリアとして作用するため、必ずしもタングステン(W)層は必要ではなく、同図に表したようにニッケル(Ni)層18'と金(Au)層20のみで良い。または、金(Au)20のみでも良い。但し、透明電極23の膜厚や膜質に応じてバリア層を設けると、金(Au)の拡散を防いで信頼性をさらに改善することができる。本発明者の検討によれば、この場合のバリア層としては、タングステン(W)または、白金(Pt)が特に適していることが分かった。すなわち、ニッケル層18'と金層20との間にタングステン(W)層または白金(Pt)層を設けると、金の拡散を効果的に阻止して発光素子の信頼性をさらに向上させることができる。また、これら以外にも、モリブデン(Mo)、チタン(Ti)及びタンタル(Ta)のいずれかをバリア層として用いても良好な結果が得られることが分かった。

【0073】本発明者は、本実施形態におけるITO透明電極23の形成プロセスについて試作検討を繰り返した結果、極めて良好な結果が得られるプロセスを見出した。すなわち、本実施形態の発光素子を形成するには、p側コンタクト電極10~12を形成し、水素アニールを施した後に、透明電極23を形成することにより得られる。

【0074】前述した図2を参照しつつ説明すると、まず、水素アニール処理S6またはS10の後に、スパッタ法などにより、ITOを堆積する。次に、酸素を含む雰囲気中でアニールを施す。このアニールにより、ITO層と金属電極層との付着強度が顕著に改善することが分かった。さらに、このアニールにより、ITOのシート抵抗を低下させることができる。付着強度の向上やシート抵抗の低下を確実に得るためには、窒素

(N<sub>2</sub>)やアルゴン(Ar)などの不活性ガスに重量百分比で5~70%の酸素を含有させた雰囲気中で、300~600℃、さらに望ましくは300~500℃の範囲の温度においてアニールすることが望ましい。同時に、このITO層のアニール温度は、前の工程に対して影響を与えないようにするために、水素アニール処理S6またはS10の処理温度よりも低くすることが望ましい。

【0075】このアニール工程の後に、図2に表したように、オーバーコート層すなわちボンディング電極を形成する工程S7または工程S11を実行することにより、本実施形態の発光素子が完成する。

【0076】本実施形態におけるITO透明電極23に関する構成及びその製造方法は、必ずしも窒化物系半導体からなる発光素子に限定されず、その他の種々の応用例においても同様に適用することができる。例えば、GaAs基板の上に形成するInGaAlP系やAlGaAs系などの材料を用いた発光素子あるいはInP基板の上に形成するInP系やInGaAs系などの材料を用いた半導体素子についても同様に適用できる。すなわち、ITO電極に接触させる金属層としてニッケルを用いることにより、両者の付着強度を改善して素子の信頼性を向上させることができる。

【0077】また、酸素を含有した雰囲気中でアニールを施すことにより、ITOのシート抵抗を低下させ、金属層や半導体層との付着強度を更に改善することもできる。

【0078】一例を挙げると、InGaAlP系やInP系の発光素子においては、p側に透明電極を形成した後に、n側のシンタリング工程を施す必要がある場合も多い。このような場合に、本発明の構成及び製造方法によれば、ITOのシート抵抗を上昇させることを防ぎ、むしろシート抵抗を低下させ且つ付着強度も改善することができるという効果を得ることができる。

【0079】一方、本実施形態の透光性電極23としては、ITO以外にも、例えば、インジウム、すず、チタンなどの各種の金属の酸化物を同様に用いることができる。

【0080】以上、具体例を参照しつつ本発明の実施の形態について説明した。しかし、本発明はこれらの具体例に限定されるものではない。

【0081】例えば、n側電極の構造としては、図示した具体例には限定されず、これ以外にも、n型コンタクト層の上に、ハフニウム(Hf)、チタン(Ti)またはアルミニウム(Al)のいずれかまたは、これらの合金からなるコンタクト層を設け、その上にタングステンからなるバリア層を設け、その上に、金(Au)からなるボンディング・パッドを設けたあらゆる構造でも同様の効果を得ることができる。

【0082】また、発光素子の構造も、例えば、活性層

をクラッド層で挟んだいわゆる「ダブルヘテロ型構造」としても良く、また、活性層やクラッド層などに超格子を用いても良い。さらに、発光ダイオードのみならず各種の半導体レーザなどについても同様に適用して同様の効果を得ることができる。

【0083】また、基板として用いるものは、サファイアに限定されず、その他にも、例えば、スピネル、MgO、ScAlMgO<sub>4</sub>、LaSrGaO<sub>4</sub>、(LaSr)(AlTa)O<sub>3</sub>などの絶縁性基板や、SiC、GaN、Si、GaAsなどの導電性基板も同様に用いてそれぞれの効果を得ることができる。特に、GaNについては、例えば、サファイア基板の上にハイドライド気相成長法などにより厚く成長したGaN層を基板から剥離してGaN基板として用いることができる。

【0084】また、ScAlMgO<sub>4</sub>基板の場合には、(0001)面、(LaSr)(AlTa)O<sub>3</sub>基板の場合には(111)面を用いることが望ましい。

【0085】さらに、本発明はp側電極とn側電極との少なくともいずれかを有する半導体素子について同様に適用して同様の効果を得ることができる。例えば、本発明は、必ずしも発光素子に限定されず、FET(feild effect transistor: 電界効果トランジスタ)などの各種の電子素子についても同様に適用することができる。

【0086】

【発明の効果】本発明は、以上説明したような形態で実施され、以下に説明する効果を奏する。

【0087】まず、本発明によれば、p型コンタクト層と接触するコンタクト金属として、銀、または、銀と金との混合物のいずれかを用いることにより、p型コンタクト層とのオーミック接触を大幅に改善することができる。

【0088】また、本発明によれば、素子のn側において、n側コンタクト金属層の上にタングステン層を設けることにより、バリア効果を維持しつつ、オーミック接触を改善することができる。すなわち、従来バリア層として用いられていた白金(Pt)のように、オーミック接触を劣化させることなく、バリア層として効果的に作用し、長期間の信頼性が確保される。

【0089】また、本発明によれば、このようにバリア層としてタングステン層を用いる場合には、コンタクト金属として、上述したハフニウム(Hf)、チタン(Ti)またはアルミニウム(Al)のいずれかを用いた場合に、特に良好な結果が得られる。

【0090】また、本発明の製造方法によれば、p側電極の形成に先だってn側電極を形成し、シンタすることにより、良好なオーミック接触を得ることができる。この理由は、本発明において用いるn側電極のコンタクト金属に対する最適なシンタ温度は、p側電極に対する最適な熱処理温度よりも高いからである。すなわち、n側電極の形成とシンタを先に行うことにより、p側電極に

過剰な熱処理を負荷することがなくなる。

【0091】また、本発明の製造方法によれば、p側電極を堆積した後に、還元性の雰囲気中でアニールを施すことにより、p側のオーミック接触や付着強度をさらに改善することができる。これは、窒化物系半導体に関して従来報告されている事実と反するものであり、本発明者が独自に知得した実験事実である。このように、還元性の雰囲気中でアニールを施す場合には、p側のコンタクト金属として、ニッケル(Ni)を用いた場合にも従来よりも大幅に良好なオーミック接触が得られる。

【0092】また、本発明によれば、p側またはn側において、InAlGaIn層とAlGaIn層とを交互に積層した構造や、InGaIn層とAlGaIn層とを交互に積層した構造とすると、InGaInとAlGaInは、GaInに対してそれぞれ反対方向の歪みを生ずるので、このような積層構造とすると、歪みを補償することが可能となる。また、0.1μm以下の厚さの窒化物系半導体層では高キャリア濃度層の形成が容易であり、複数の層を形成するとそれらの界面付近(特にInやAlを含む層とGaIn層との間)には、p型不純物である高濃度のマグネシウム(Mg)あるいはn型不純物である高濃度のシリコン(Si)が集中しやすい。p側電極やn側電極を堆積後に、所定の熱処理を施すと、電極金属と複数の窒化物系半導体層とが反応し、さらにそれらの層の界面付近にある高濃度のマグネシウム(p側)やシリコン(n側)と電極金属も良好な反応を起こし、オーミック特性の良好な電極コンタクトを形成することができる。

【0093】この際に、次の第2実施形態に関して後述するように、複数の窒化物系半導体層を貫通するような凹凸があれば、さらに電極金属と半導体層との反応を効率的に進めることができる。

【0094】また、本発明によれば、コンタクト部分の半導体の表面を凹凸状に加工すると、電極との接触面積が増大し、コンタクト抵抗をさらに低減することができる。また、電極の剥離強度も増加する。さらに、p側に形成された凹凸によって、発光部分から放出される光の外側への取り出し効率が改善される。

【0095】さらに、本発明によれば、ITO電極に接触させる金属層としてニッケルを用いることにより、両者の付着強度を改善して素子の信頼性を向上させることができる。

【0096】また、このようなニッケル層と金層との間に、タングステンまたは白金からなるバリア層を設けることにより、金の拡散を確実に阻止することができる。

【0097】また、本発明によれば、ITOを堆積した後に、酸素を含有した雰囲気中でアニールを施すことにより、ITOのシート抵抗を低下させ、金属層や半導体層との付着強度を更に改善することもできる。

【0098】以上詳述したように、本発明によれば、従

来よりもオーミック接触を改善し、同時に信頼性や電極の付着強度も改善された発光素子を提供することができ、産業上のメリットは多大である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態にかかる半導体発光素子を表す概略断面図である。

【図2】本発明の発光素子の製造方法の要部を表すフローチャートである。

【図3】本発明者が試作した発光素子のp側電極側の電流電圧特性を表すグラフ図である。

【図4】本発明者が試作した発光素子のn側電極側の電流電圧特性を表すグラフ図である。

【図5】本発明の第2の実施の形態にかかる発光素子の断面構造を表す概念図である。

【図6】本発明の第3の実施の形態にかかる発光素子の断面構成を表す概念図である。

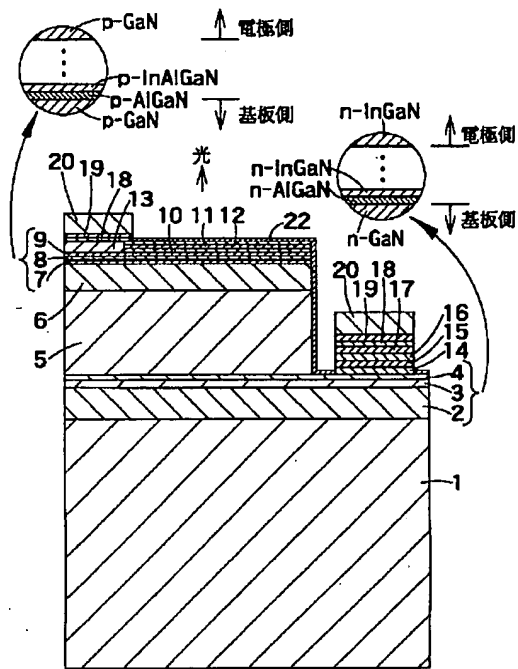
【図7】本発明の第4の実施の形態にかかる発光素子の断面構成を表す概念図である。

【図8】窒化物系半導体を用いた従来の発光ダイオードの構造を表す概略断面図である。

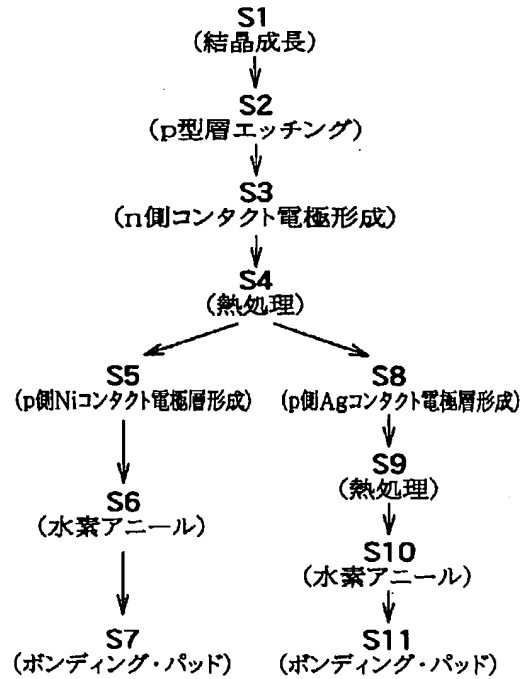
【符号の説明】

- 1 サファイア基板
- 2 n型GaIn層
- 3 n型AlGaInコンタクト層
- 4 n型GaInコンタクト層
- 5 n型GaIn層
- 6 p型GaIn層
- 7 p型AlGaInコンタクト層
- 8 p型InGaInコンタクト層
- 9 p型GaInコンタクト層
- 10 第1の金属層
- 11 第2の金属層
- 12 タングステン(W)層
- 13 ブロック層
- 14 ハフニウム(Hf)層
- 15 アルミニウム(Al)層
- 16 ハフニウム(Hf)層
- 17 金(Au)層
- 18 チタン(Ti)層
- 19 タングステン(W)層
- 20 金(Au)層
- 22 保護膜
- 101 サファイア基板
- 102 n型GaIn層
- 106 p型GaIn層
- 113 絶縁層
- 121 透明電極
- 122 n側電極
- 123 ボンディング・パッド

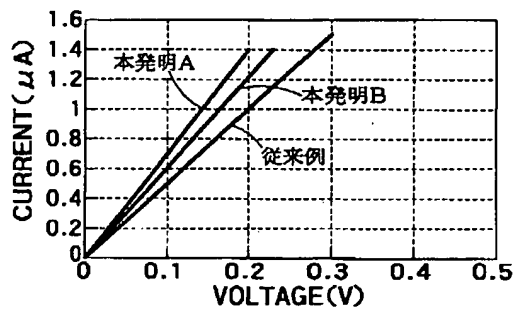
【図1】



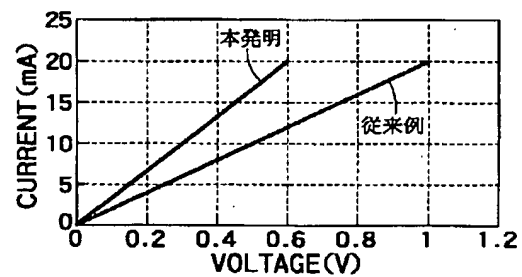
【図2】



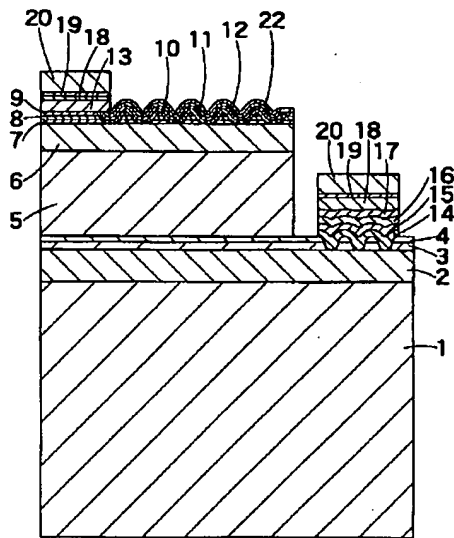
【図3】



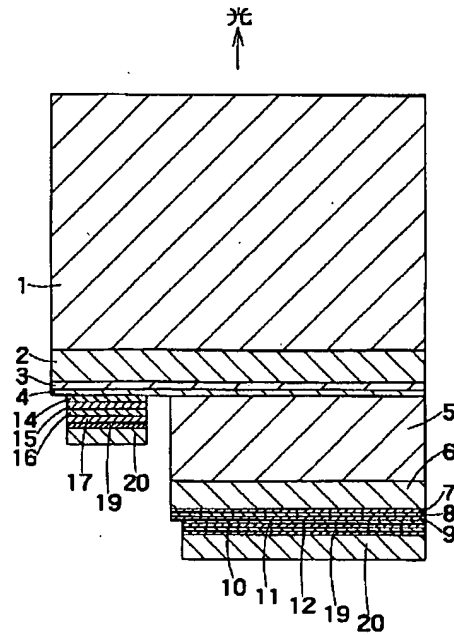
【図4】



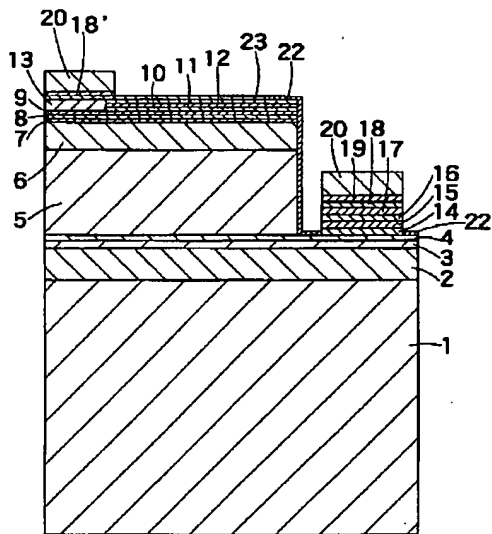
【図5】



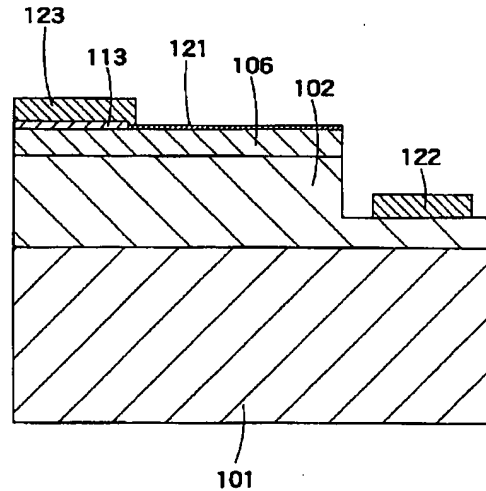
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 野 崎 千 晴  
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会  
社東芝研究開発センター内

(72)発明者 古 川 千 里  
神奈川県川崎市川崎区日進町7番地1 東  
芝電子エンジニアリング株式会社内

Fターム(参考) 4M104 AA04 BB02 BB05 BB08 BB13  
BB14 BB36 CC01 DD34 DD37  
DD79 FF17 GG04 HH15  
5F041 AA21 CA02 CA03 CA34 CA40  
CA46 CA83 CA88 CA92



**PAT-NO:** JP02000164928A  
**DOCUMENT-IDENTIFIER:** JP 2000164928 A  
**TITLE:** SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DEVICE AND ITS MANUFACTURE  
**PUBN-DATE:** June 16, 2000

**INVENTOR-INFORMATION:**

NAME	COUNTRY
OKAZAKI, HARUHIKO	N/A
NOZAKI, CHIHARU	N/A
FURUKAWA, CHISATO	N/A

**ASSIGNEE-INFORMATION:**

NAME	COUNTRY
TOSHIBA ELECTRONIC ENGINEERING CORP	N/A
TOSHIBA CORP	N/A

**APPL-NO:** JP10334574  
**APPL-DATE:** November 25, 1998

**INT-CL (IPC):** H01 L 033/00 , H01 L 021/28

**ABSTRACT:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve ohmic characteristic by forming, in a p-side electrode, a contact layer which includes silver, in contact with a layer made of p-type nitride semiconductor and forming a layer made of tungsten on the contact layer.

SOLUTION: A p-side electrode is constituted of a light transmitting electrode and a bonding pad section. More specifically, a block layer 13 comprising at least SiO<sub>2</sub> is selectively formed on a p-type GaN contact layer 9 and then a light transmitting electrode stacked with a first metal layer 10, second metal layer 11, and tungsten layer 12 is formed on the rest of the surface, As the first

metal layer 10, silver is preferably used. As the second metal layer 11, gold is preferably used. By using either silver or a mixture of silver and gold for contact metal to be brought into contact with the p-type contact layer 9, an ohmic contact with the p-type contact layer 9 can be improved.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO